



中国移动
China Mobile

研究院
CMRI

中低速物联网业务 迁移技术能力报告

(2020 年)

中国移动通信有限公司研究院

VISIT...

LANZAROTE
Caliente.COM

前 言

本白皮书针对业界关注的 2G 退频转网问题，旨在向业界阐述中国移动物联网技术发展路线，并结合中国移动与产业合作伙伴为加快 2G 物联网业务迁移开展的测试验证实践，包括面向商用的 NB-IoT R14 和 Cat 1/1bis 技术验证以及中低速物联网业务测试验证，形成中低速物联网业务迁移技术能力报告，为后续 2G 物联网业务迁移提供参考和指引。

本白皮书的版权归中国移动所有，未经授权，任何单位或个人不得复制或拷贝本建议之部分或全部内容。

目 录

1. 物联网技术发展路线.....	2
1.1 中国移动物联网技术发展路线简述.....	3
1.2 中低速物联网技术简介及对比分析.....	3
1.2.1 NB-IoT 技术简介.....	3
1.2.2 Cat 1/1bis 技术简介.....	4
1.2.3 中低速物联网技术对比分析.....	5
1.3 中低速物联网发展现状.....	6
1.4 小结.....	7
2. 面向商用的 NB-IoT R14 和 Cat 1/1bis 技术验证.....	8
2.1 面向商用的 NB-IoT R14 技术验证.....	8
2.1.1 兼容性.....	8
2.1.2 定点上下行速率.....	8
2.1.3 高速移动场景通信能力.....	9
2.1.4 功耗优化 RAI 功能.....	9
2.2 面向商用的 Cat 1/1bis 技术验证.....	9
2.2.1 兼容性.....	10
2.2.2 数据业务性能.....	10
2.2.3 语音业务性能.....	11
2.4 小结.....	12
3. 典型中低速物联网业务迁移建议及验证.....	14
3.1 移动物联网业务分析.....	14
3.2 移动物联网业务测试验证.....	14
3.2.1 共享单车业务.....	14
3.2.2 水表业务.....	16
3.2.3 云喇叭业务.....	17
3.2.4 PoC 对讲业务.....	19
3.2.5 车联网前后装业务.....	21
3.2.6 电动车业务.....	24
3.3 移动物联网业务后续发展建议.....	25
4. 总结与展望.....	26
缩略语列表.....	27

编写单位

（排名不分先后）

本报告由中国移动通信有限公司研究院主编，由中国移动北京有限公司、中国移动天津有限公司、中国移动山西有限公司、中国移动内蒙古有限公司、中国移动江苏有限公司、中国移动浙江有限公司、中国移动河南有限公司、中国移动广东有限公司提供支撑。

1. 物联网技术发展路线

1.1 中国移动物联网技术发展路线简述

工信部于 2020 年 5 月发布了《关于深入推进移动物联网全面发展的通知》，明确了移动物联网发展总体目标，涵盖 5 方面 11 项重点任务和 5 项保障措施。通知中指出“推动 2/3G 物联网业务加快迁移转网，新增物联网业务尽量由 NB/4G(Cat1)/5G 承载”，与中国移动物联网技术发展路线一致。中国移动为顺应 2G 退网的趋势，提出物联网业务迁移方案，制定了物联网技术发展路线。

1) 面向近期，从 2G 迁移的物联网业务由 NB-IoT 和 Cat1/1bis 承接，NB-IoT 承载低速率、低功耗、广覆盖、低速移动类业务，Cat1/1bis 承载中速率、语音类、高速移动类业务；

2) 面向中远期，建立 4G 和 5G 协同发展的移动物联网综合生态体系，4G 由 Cat 1/1bis 和 Cat 4 分别承载中、高速率业务，5G 由 NB-IoT、RedCap(原 NR Light) 和 NR 分别承载低速率、高速率和超高速率业务。

1.2 中低速物联网技术简介及对比分析

1.2.1 NB-IoT 技术简介

NB-IoT 是一种基于蜂窝的窄带物联网技术，是低功耗广域网技术的一种标准。3GPP 在 Release 13（简称 R13）正式提出 NB-IoT，其中 NB-IoT 工作带宽为 180kHz，支持三种工作模式：Stand-alone（独立部署）、Guard band（保护带部署）、In-band（LTE 带内部署），上下行理论峰值速率可达 62kbps/21kbps。与 2G 相比，NB-IoT 具备低功耗、广覆盖的巨大优势，其中低功耗特性领域，NB-IoT 支持 eDRX 和 PSM，在 PSM 状态下工作电流可低于 5uA；广覆盖领域，NB-IoT 相比 GSM 具备 20dB 覆盖增强，其 MCL 可达 164dB。

为了使 NB-IoT 能够适用于更多的应用场景和市场需求，3GPP 在 Release 14

（简称 R14）中对 NB-IoT 进行了一系列增强：

- 速率增强，上下行理论峰值速率可达 150kbps/100kbps；
- 功耗优化增强，即引入 RAI 技术，终端在无数据传输后可以尽快回到空闲态，从而节省终端功耗；
- 多载波增强，即支持在非锚点载波上进行寻呼和随机接入，提升系统容量。

通过一系列的技术增强，NB-IoT 在技术能力上进一步提升，能更好的承接部分 2G 业务能力迁移（低速率、低速移动类业务），同时进一步拓展广覆盖、低功耗类业务范围。

1.2.2 Cat 1/1bis 技术简介

Cat 1 和 Cat 1bis 是 LTE 众多 UE Category 中的两类终端等级。

3GPP 在 Release 8（简称 R8）中正式提出 LTE，其中涵盖 Cat 1 终端等级（两接收天线要求），其终端能力上报规则如图 1-1 所示。在 LTE FDD 网络下，Cat 1 终端上下行理论峰值速率可以达到 5Mbps/10Mbps（5MHz 及以上带宽均能达到）；在 TD-LTE 网络下（20MHz，上下行 1:3 配比，特殊子帧配比 10:2:2），Cat 1 终端上下行理论峰值速率可以达到 1Mbps/7.3Mbps。

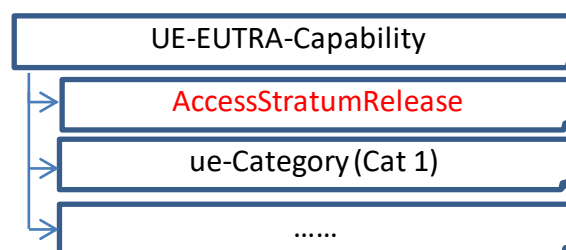


图 1-1 Cat 1 终端能力上报规则

为了进一步降低 Cat 1 终端实现复杂度，3GPP 在 Release 13（简称 R13）中正式引入 Cat 1bis 终端等级，其上下行理论峰值速率与 Cat 1 终端等级保持一致。其与 Cat 1 终端等级的差异点如下：

1) Cat 1bis 终端等级为单天线接收，相比 Cat 1 终端等级（双天线接收），其下行接收能力弱化接近 3dB。3GPP 进一步定义了单接收天线下其射频及 RRM

的详细指标要求。

2) 为了让网络能够正确识别其为 Cat 1bis 终端类型，其终端能力上报规则在已有 Cat 1 终端能力上报方式上进行了扩展，引入了 oneBis 指示，如图 1-2 所示。

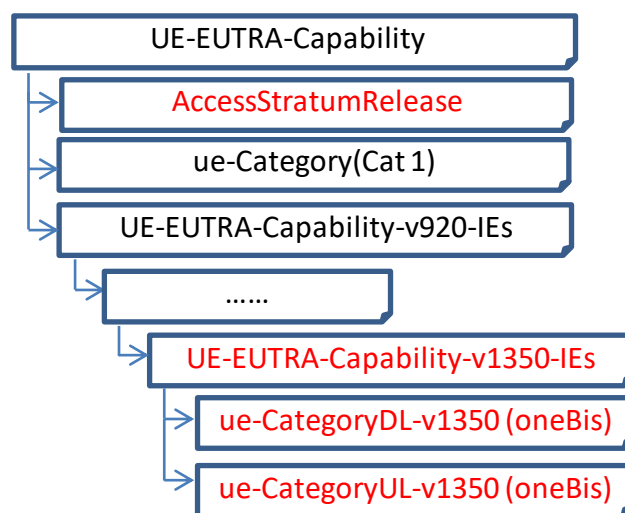


图 1-2 Cat 1bis 终端能力上报规则

Cat 1/1bis 作为 LTE 的面向中低速率的终端等级，在技术特性上适合承载中速率、语音类、高速移动类业务。

1.2.3 中低速物联网技术对比分析

表 1-1 从覆盖、功耗、速率、移动性、语音、并发容量以及时延等方面展示了 2G、NB-IoT、Cat 1/1bis 技术对比。

表 1-1 2G、NB-IoT、Cat 1/1bis 技术对比

	2G	NB-IoT	Cat 1/1bis
覆盖 (MCL)	144dB	164dB	144dB
功耗	关机态: 60uA 待机态: 2mA	休眠态 < 5uA 待机态 < 1mA	休眠态 < 20uA 待机态 2~4mA
速率	上下行 85.6kbps (少部分可达 171kbps)	R13: 上下行 62/21kbps R14: 上下行 150/100kbps	FDD: 5Mbps/10Mbps TDD: 1Mbps/7.3Mbps

移动性	120km/h 支持连接态邻区测量	80km/h 不支持连接态邻区测量	120km/h 支持切换
语音	支持	不支持	支持
并发容量	单载波并发能力相当，不同业务场景下各有优劣，总体上 NB-IoT 略强于 2G		每秒接入用户超过 50 个
时延	非深度覆盖场景时延性能相当，深度覆盖时 NB-IoT 差于 2G（时延换覆盖）		典型值<1s

1.3 中低速物联网发展现状

1、2G 已进入全球退网期，从网络发展的大趋势来看，中国移动 2G 物联网业务迁移势在必行。

网络方面：海外日美澳等 20 余家运营商已正式关闭 2G 网络。

连接方面：2G 物联网业务中国移动占比高，且连接数从 2017 年不足 5000 万发展至现在已超过 3 亿。

终端方面：产业链高度成熟，2G 模组价格在 10-16 元之间。

2、NB-IoT 蓬勃发展，在技术特性上适合承载低速率、低功耗、广覆盖、低速移动类等物联网业务。

网络方面：全球 NB-IoT 网络已超过 109 张；中国移动在 2020 年全国 NB-IoT 基站累计达到 35 万站，基本实现全国主要城市、乡镇以上区域连续覆盖。目前中国移动正在逐步升级到 NB-IoT R14。

连接方面：NB-IoT 全国连接数已超过 1 亿，覆盖智能抄表、智能烟感等多个领域。

终端方面：NB-IoT 全球已有超过 15 个芯片厂家，NB-IoT 模组价格从 2017 年 70 元以上降至 13-23 元之间，接近 2G 模组价格。

3、Cat 1/1bis 异军突起，网络成熟度高，行业客户关注度不断升温，在技术特性上适合承载中速率、语音类、高速移动类业务。

网络方面：中国移动在 LTE 网络上经过了近 7 年的深耕细作，已经形成了

全球规模最大、覆盖最完善的 LTE 网络（TDD+FDD），涵盖华为、中兴、爱立信、诺基亚（贝尔）、大唐等各家网络设备，涉及频点 B3、B8、B34、B39、B40、B41，站点数已经超过 320 万，均能支持 Cat 1/1bis 终端接入。

终端方面：Cat 1 终端早期以国外厂商为主，主要包括高通（代表产品 MDM9207-1）、Sequans（代表产品 SQN3223）、Altair（代表产品 ALT1160）等。伴随着 2/3G 物联网业务加快迁移转网的步伐，国内芯片厂商开始异军突起，其中紫光展锐推出了 Cat 1bis 芯片产品（8910DM），翱捷科技（ASR）推出了 Cat 1 单天线产品（ASR 1601/3601）。Cat 1bis（Cat 1 单天线）产品开始以其较高的性价比快速进入榜单，国内主流模组厂商移远、中移物联、广和通、高新兴、日海、骐俊、合宙等纷纷基于展锐或翱捷芯片平台推出各自模组产品，累计超过 20 款，当前模组价格已在 30-40 元之间。

1.4 小结

基于上述背景，结合物联网技术发展路线，中国移动为加快推动 NB-IoT R14 端到端商用落地及促进 Cat 1/1bis 芯片及模组产业进一步成熟，联合网络、芯片及模组等产业合作伙伴，开展了面向商用的 NB-IoT R14 和 Cat 1/1bis 的技术验证，并在此基础上进一步开展了基于 NB-IoT R14 和 Cat 1/1bis 的中低速物联网业务测试验证，为后续 2G 物联网业务迁移提供技术支撑。

2. 面向商用的 NB-IoT R14 和 Cat 1/1bis 技术验证

2.1 面向商用的 NB-IoT R14 技术验证

中国移动在 2018-2019 年已联合主流网络厂商（华为、中兴、爱立信、诺基亚）以及主要的 NB-IoT 芯片厂商（海思、联发科、展锐）开展了 NB-IoT R14 演进技术实验室及外场测试，测试结果基本符合预期。在当前，中国移动在全网范围内开启 NB-IoT R14 速率增强及功耗优化 RAI 功能的背景下，为了验证 NB-IoT R14 实际商用产品在现网下的兼容性、上下行速率、高速移动场景下的通信能力以及功耗优化性能，从 2020 年初开始，中国移动联合产业合作伙伴，包括网络厂商（华为、中兴、爱立信、诺基亚）与芯片厂商（海思、联发科技、紫光展锐、移芯）、模组厂商（移远、中移物联、广和通、高新兴）在浙江、河南、内蒙等省市开展面向商用的 NB-IoT R14 技术验证，整体测试结果基本符合预期。

2.1.1 兼容性

兼容性测试目的是为了保证现网存量终端（基于 NB-IoT R13）在中国移动 NB-IoT 网络升级至 R14 后仍能正常工作。经过测试验证，所有参测 NB-IoT R13 芯片、模组在 NB-IoT R14 参测网络下均能正常工作，未发现兼容性问题。

2.1.2 定点上下行速率

重点验证 NB-IoT R14 终端在极好点的上下行峰值速率。经过测试验证，参测模组在现网网络下上行 MAC 峰值速率可达到 120kbps，下行 MAC 峰值速率可达 80kbps，可达理论峰值速率的 80%左右，基本符合预期（注：本次为现网测试验证，峰值速率与现网参数配置及现网环境相关）。

2.1.3 高速移动场景通信能力

高速移动场景通信能力测试是为了验证 NB-IoT 在高速场景下(80-100km/h)的数据业务性能，通过采用周期性 ping 200 字节包(ping 包周期为 15s)的方式验证 ping 包成功率和时延。经测试验证，在选取的现网高速路段（杭州绕城高速下沙枢纽至大井枢纽、嘉兴乍嘉苏高速至杭州湾环线高速），NB-IoT 终端以 80-100km/h 的移动速度进行周期性 ping 200 字节包(ping 包周期为 15s)，ping 包时延基本在 2s 以内，成功率基本在 90%以上。由此可见，在相同的网络配置下，NB-IoT 可用于在高速场景下承载对时延敏感度不高、发包不频繁的业务，如部分追踪定位类业务等。

2.1.4 功耗优化 RAI 功能

功耗优化 RAI 功能测试是面向 NB-IoT R14 RAI 能力开启后，终端在连接态下完成数据传输后可以尽快回到空闲态，无需等待小区不激活定时器到期（现网小区不激活定时器时间在 15 秒左右），以节省终端功耗。经过测试验证，参测芯片、模组与参测网络交叉配对测试 R14 RAI 功能及流程均正常。

2.2 面向商用的 Cat 1/1bis 技术验证

当前，中国移动 LTE 全网均已支持 Cat 1/1bis 终端接入。为验证 Cat 1/1bis 实际商用产品在 LTE 现网下的兼容性、数据及语音性能，从 2020 年初开始，中国移动联合产业合作伙伴，包括网络厂商（华为、中兴、爱立信、诺基亚（贝尔）、大唐）与芯片厂商（紫光展锐、翱捷科技）、模组厂商（移远、中移物联、广和通）在北京、天津、浙江、江苏、河南、山西等省市开展面向商用的 Cat 1/1bis 技术验证，包括兼容性、数据业务性能、语音业务性能及终端互通性等测试项，整体测试结果基本符合预期。

2.2.1 兼容性

为确保各种类型 Cat 1/1bis 终端在中国移动现网均能正常工作，本项测试确保了三种模式下两大主流 Cat 1/1bis 芯片产品在现网 5 家网络厂商设备的兼容性状况。测试结果表明：两大主流 Cat 1/1bis 芯片产品在各网络环境下均能正常接入并完成业务操作，未发现兼容性问题。

（注：三种模式

模式一：Cat 1 模式，按照标准 Cat 1 终端能力上报，AccessStratumRelease 指示 Rel9（3GPP R9）；

模式二：Cat 1bis 前引模式，按照标准 Cat 1bis 终端能力上报，AccessStratumRelease 指示 Rel9（3GPP R9）同时携带 UE-EUTRA-Capability-v1350-IEs 字段指示 Cat 1bis 终端类型；

模式三：Cat 1bis 标准模式，按照标准 Cat 1bis 终端能力上报，AccessStratumRelease 指示 Rel13（3GPP R13）同时携带 UE-EUTRA-Capability-v1350-IEs 字段指示 Cat 1bis 终端类型。）

2.2.2 数据业务性能

1) 定点峰值性能

重点验证 Cat 1/1bis 终端在极好点的上下行峰值速率。经测试验证，参测芯片、模组以及对比测试机（基于 Cat 1 双天线）在现网极好点峰值速率在 TD-LTE 网络下，上行峰值速率基本超过 0.9Mbps，下行峰值速率基本超过 6.4Mbps；在 LTE FDD 网络下，上行峰值速率基本超过 4.5Mbps，下行峰值速率基本超过 8.5Mbps，均达到或超过理论峰值的 85%，参测芯片及模组产业基本符合预期。（注：在 LTE FDD 网络下，Cat 1/1bis 终端上下行峰值速率可以达到 5Mbps/10Mbps；在 TD-LTE 网络下（20MHz，上下行 1:3 配比，特殊子帧配比 10:2:2），Cat 1/1bis 终端上下行峰值速率可以达到 1Mbps/7.3Mbps。）

2) 车载移动性能力

验证 Cat 1/1bis 终端在现网车载模式下多小区同频、异频切换下的切换

成功率及拉网上下行速率。经测试验证，产业整体情况基本符合预期，切换成功率基本都在 99% 以上，以杭州为例，大部分参测芯片、模组下行 PDCP 均值速率可达 4.7Mbps，上行 PDCP 均值速率可达 2Mbps，基本超过峰值速率 40%。部分模组性能需要进一步提升。

（注：由于中国移动 LTE 网络覆盖良好，受 FDD+TDD 彼此交叠的影响，同一条路线不同时刻终端测试所经历的 TDD 和 FDD 小区占比也会有一定差异，因此造成上行速率差异较大，若 TDD 小区占比高，上行 PDCP 速率会稍低；若 FDD 小区占比高，上行 PDCP 速率会稍高）

3) 高铁能力

验证 Cat 1/1bis 终端在高铁高速移动下多小区间同频、异频切换下的切换成功率及拉网上下行速率。经测试验证，在选取的高铁线路（天津西<->徐州东）产业整体情况基本符合预期，大部分参测芯片、模组切换成功率都在 98% 以上，下行 PDCP 均值速率基本超过 4.3Mbps，上行峰值速率超过 2.1Mbps，均超过峰值速率 40%，部分模组性能需要进一步提升。

2.2.3 语音业务性能

1) 定点语音性能

验证 Cat 1/1bis 终端在好、中、差点的 VoLTE 语音质量及资源占用率及与 Cat 4 商用终端测试机的对比。经测试验证，无论是基于现网语音编码 WB23.85kbps 还是基于缩减后的语音编码 WB12.65kbps，参测芯片及模组在现网下信号好、中点 MOS 分均在 3.5 分以上，且在 SINR 达到 -2.6dB 时仍然可以正常通话，与 Cat 4 商用终端测试机基本相当，基本符合预期。由于 Cat 1bis 单天线接收限制，参测芯片、模组在与 Cat 4 商用终端测试机的 VoLTE 通话过程中其 RB 占用资源约为在同一个物理位置点 Cat 4 商用终端测试机的 1.5-2 倍之间。整体测试结果基本符合预期。

2) 车载移动性能力

验证 Cat 1/1bis 终端在现网车载模式下多小区间同频、异频切换下的 VoLTE

语音质量、呼叫成功率及切换成功率。经测试验证，参测芯片及模组产业基本符合预期，VoLTE 语音质量全程 MOS 分都在 3.5 分以上，呼叫成功率 100%，切换成功率基本都在 99%以上。

3) 高铁能力

验证 Cat 1/1bis 终端在高铁高速移动下多小区间同频、异频切换下的 VoLTE 语音质量、呼叫成功率及切换成功率。经测试验证，参测芯片及模组产业基本符合预期，VoLTE 语音质量全程 MOS 分都在 3.5 分以上，呼叫成功率 100%，切换成功率基本都在 98%以上。

4) CSFB 语音性能

验证 Cat 1/1bis 终端在不同覆盖等级下的 CSFB 的接通成功率和掉话率。经测试验证，参测芯片及模组产业基本符合预期，接通成功率均为 100%，掉话率为 0。

2.4 小结

（一）面向 NB-IoT R14 商用测试，由技术验证结果可知：

（1）NB-IoT R13 存量终端在 R14 网络下可正常工作，没有兼容性问题；

（2）NB-IoT R14 速率增强功能在外场能够达到上行 120kbps，下行 80kbps，可支持低速率小包业务；

（3）NB-IoT 在 80-100km/h 高速移动环境下在所选取测试地点 200 字节 ping 包成功率在 90%以上，时延在 2s 以内，能够在高速场景下支持时延不敏感的小包业务；

（4）NB-IoT 功耗优化 RAI 功能可保证终端由连接态快速返回空闲态，有效节省终端功耗。

综上所述，通过现网实测，NB-IoT 可承载低速率、低功耗、广覆盖、低速移动类业务。

（二）面向 Cat 1/1bis 商用测试，由技术验证结果可知：

（1）Cat 1/1bis 终端在现网下可正常工作，没有兼容性问题；

（2）Cat 1bis 终端数据业务定点速率在外场场景下能够达到理论峰值的 85% 以上。在车载场景下切换成功率大部分能够达到 99%，在高铁场景下切换成功率大部分能够达到 98%，但部分参测模组需要进一步改善性能；

（3）Cat 1bis 终端语音业务定点在中好点 MOS 分均在 3.5 以上。在差点 SINR -2.5dB 仍能保持通话。在车载场景及高铁场景下 MOS 分均在 3.5 分以上。参测芯片及模组整体具备良好的通话性能。

综上所述，通过现网实测，Cat 1/1bis 可承载中速率、语音类、高速移动类业务。

3. 典型中低速物联网业务迁移建议及验证

3.1 移动物联网业务分析

根据既有数据，在 2G 移动物联网业务中，头部业务为车联网、共享行业、智能金融、表计行业等，具体业务占比情况如图 3-1 所示。

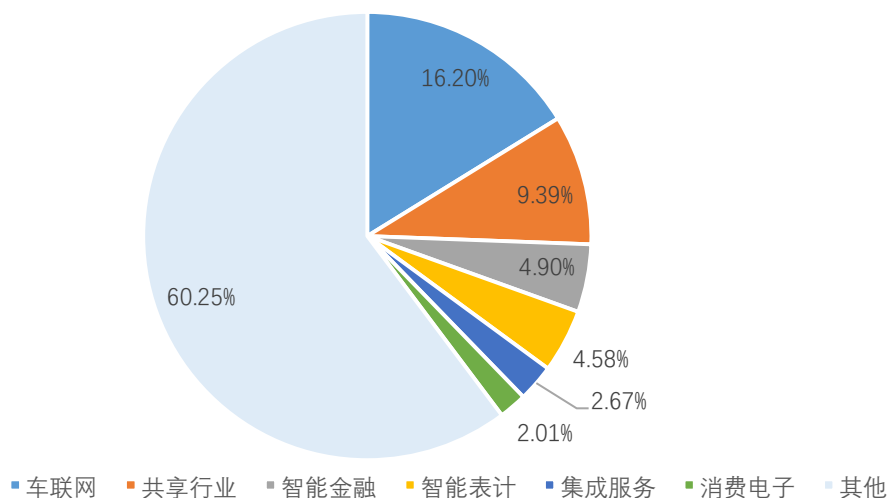


图 3-1 2G 移动物联网业务占比

本次测试主要选取目前移动物联网头部业务进行验证，其中包含共享单车、水表、电动车、POS 机、云喇叭、PoC 对讲、车联网前后装，共 7 项业务。

3.2 移动物联网业务测试验证

3.2.1 共享单车业务

1. 业务特性分析

在当前共享经济时代，共享单车成为解决最后一公里出行的必要交通工具。2020 年 10 月，交通运输部发布共享单车已在全国 360 多个城市投放，投放车辆达 1945 万辆，日均订单量超过 4570 万单。原有共享单车业务主要由 2G 网络承载，在 2G 业务迁移过程中，NB-IoT 和 Cat 1/1bis 是共享单车业务的两大候选技术。由于共享单车对成本更为敏感，NB-IoT 模组成本更低，本次测试优先选

择 NB-IoT 进行共享单车业务测试，并同步进行 Cat 1/1bis 共享单车测试。

本次业务测试使用的共享单车业务需求如下：

表 3-1 共享单车业务需求

性能指标	业务需求
使用场景	地铁口、楼宇、学校等
覆盖	广覆盖：城市/郊区
功耗	敏感
时延	远程开锁 $\leq 5s$
移动性	15km/h
连接密度	大城市密集城区饱和投放，平均约 2000 辆/km ² ，部分密集区域可达 4000 辆/km ²

2. 测试内容

共享单车业务关键流程有开关锁、锁状态上报、定位上报、心跳、升级等。本次测试针对共享单车关键业务（开关锁和 FOTA 升级）开展测试验证，以验证 NB-IoT 网络在共享单车业务的可行性。

3. 测试结果

1) 远程开锁

共享单车业务在 SINR 为 17~18dB，DRX 为 2.56s 的网络环境下，验证 30 把锁同时开锁，开锁平均时延基本在 3s 以内，最大时延基本在 5s 以内，基本可达预期，NB-IoT 网络可支持共享单车开锁业务。（注：现网投放 2G 共享单车开锁时延在 3s 以内）

2) FOTA 升级

共享单车业务在 NB-IoT R13 网络的 FOTA 升级时延为 187s，在 NB-IoT R14 网络的 FOTA 升级时延为 41s，在 2G 现网网络的 FOTA 升级时长为 91s，NB-IoT R14 较 NB-IoT R13 时延降低 78.07%，NB-IoT R14 时延较 2G 时延降低 54.95%，NB-IoT R14 在单把锁通信技术能力可达 2G 通信能力。

30 把锁同时升级，单载波升级成功率在 NB-IoT R13 网络下 10 分钟内可完

成 2 把锁 FOTA 升级,在 NB-IoT R14 网络下 10 分钟内可完成 20 把锁 FOTA 升级。对于热点区域,如地铁站、商场等,若实现大批量单车锁进行 FOTA 升级需网络进一步优化。(注: 2G 网络下 42 把锁同时并发升级, 3 分钟内可全部升级成功)

4. 测试小结

共享单车业务具有低移动性、部分区域聚集性,对开锁时延及成功率要求较高,对热点区域的并发及容量要求较高。经过本次业务测试,在满足覆盖要求及低负荷城市,NB-IoT R14 在一定程度上可支撑共享单车业务需求;对于热点场景(如地铁站、商场等),大量共享单车短时间并发需要后续进行更多容量测试验证。针对共享单车业务采用 Cat 1/1bis 技术,正在同步开展测试验证。

3.2.2 水表业务

1. 业务特性分析

智能水表业务应用场景以城市小区、村镇为主,对网络覆盖情况要求较高,智能水表终端为电池供电,且拆卸较为困难,故终端对功耗比较敏感。业务具体需求如表 3-2 所示。

表 3-2 智能水表业务需求

性能指标	业务需求
覆盖	广覆盖: 城市/郊区
功耗	敏感
时延	小于 3s
上报频率	1 次/天
移动性	无移动性需求
语音	无语音需求
数据长度	上行 200 字节, 下行 50 字节
功耗	待机状态<30uA, 工作状态<40mA

2. 测试内容

原有智能水表业务主要以近距离无线通信技术为主,为实现水表数据远程读

取，需使用远距离通信技术，其中 NB-IoT 技术特点与智能水表业务契合度较高，将该技术应用于智能水表领域，不仅可以降低抄表成本，而且可以实现水表智能化和大数据化管理。

本次测试在 NB-IoT R14 现网环境下，分别选取密集场景（城区）与非密集场景（郊区）的不同点位，针对远程开关水表阀门业务（水表数据上报激活）、远程参数配置业务、智能水表远程升级业务等实际业务场景进行测试验证。

3. 测试结果

1) 指令传输时延

智能水表终端在密集和非密集城区的好、中、差点的指令传输时延均在 2-3s，与期望值基本一致，符合预期，可满足业务需求。

2) 指令传输成功率

开关水表阀门指令、远程参数配置、远程升级指令成功率均不低于 98%，与期望值基本一致，符合预期，可满足业务需求。

3) 功耗

本次功耗测试分别在待机状态和工作状态下，针对智能水表终端的平均工作电流进行测试。经测试，水表待机状态下工作电流为 19uA，工作状态下电流为 28.8mA，均符合预期，可满足业务需求。

4. 测试小结

经过本次业务测试验证，NB-IoT 技术能力可满足智能水表各项业务需求，故可承载该类业务。

3.2.3 云喇叭业务

1. 业务特性分析

云喇叭是一种面向商户支付收款智能无线播报产品，通过接入收款码，云喇叭终端可以对付款信息进行实时通报，能够有效解决商家无法实时确认用户付款情况的问题，提高收银效率并保证安全。云喇叭业务具体性能指标及需求如表 3-3 所示。

表 3-3 云喇叭业务需求

性能指标	业务需求
覆盖	广泛分布在城市、郊区、乡村等需求场景
时延	数据上报时延 $\leq 5s$ 、指令下发时延 $\leq 5s$ 面向不同终端，时延根据具体要求而定
报文长度	上报属性 ≤ 100 字节，下行指令 ≤ 500 字节，升级包约几百 K 字节
上报频率	心跳间隔 120s，动态属性上报可自行设置
功耗	敏感，待机电流 $\leq 10mA$

2. 测试内容

目前云喇叭业务主要使用 2G 网络承载，由于 LTE 网络的良好覆盖，且性能优于 2G，故本次业务验证将针对 Cat 1/1bis 终端在承载云喇叭业务的各项业务进行测试，验证 Cat 1/1bis 终端与该业务需求的匹配度。

根据云喇叭业务功能，本次业务测试主要选取 TDD 和 FDD 频段的好、中、差点，针对开机属性上报、周期上报、播报状态上报、下行播报、远程设备重启、远程参数设置、固件升级等实际业务场景，开展测试验证。

3. 测试结果

1) 设备连接管理

Cat1/1bis 终端开机注册时延约 5s-6s，成功率为 100%；云平台连接时延整体小于 1s，成功率为 100%；时间同步时延平均约 1s，差点时延小于 2s，同步成功率均为 100%。以上测试指标均在需求范围内，可满足业务需求。

2) 信息上报

Cat1/1bis 终端开机属性上报时延平均约 1s，上报成功率均为 100%；周期上报时延小于 1s，差点时延小于 2s，上报成功率为 100%；播报状态上报时延整体小于 2s，上报成功率为 100%；以上测试指标均在预期范围内，可满足业务需求。

3) 指令下发

Cat1/1bis 终端下行播报时延平均小于 1s，下行播报成功率为 100%；接收

来自平台下发的远程设备重启指令的时延均小于 s，完成设备重启的时间约 4s，接收远程设备重启指令并完成重启的成功率均为 100%；远程参数更新指令下发时延约 1s，参数更新成功率均为 100%；接收来自平台下发的固件升级指令的时延约 1s，在好点完成升级的时间约 80s-90s，成功率为 100%，在差点完成升级的时间约 130s，成功率高于 50%；以上测试指标均符合预期，可满足业务需求。

4) 功耗测试

采用 Cat 1/1bis 的云喇叭业务终端待机平均电流为 17mA-19mA，预期功耗小于 10mA，仍存在优化空间；播报业务时平均电流为 250mA-270mA，符合预期；数据连接保持状态时平均电流为 68mA-70mA，符合预期。

4. 测试小结

经过本次业务测试验证，云喇叭 Cat1/1bis 终端测试指标符合业务需求，故 Cat1/1bis 终端可承载云喇叭业务。

3.2.4 PoC 对讲业务

1. 业务特性分析

PoC 业务是指基于蜂窝无线网络承载，利用 VoIP 技术实现的半双工语音业务，一般应用于需要进行调度或群组会议的场合。PoC 对讲依托运营商的网络，不受地域限制，可以快速部署，用户可以在任何 PoC 终端所属网络覆盖范围内使用 PoC 业务。

PoC 对讲的主要业务为会话功能，为保证话音质量，网络需保证其对时延的需求，其具体业务需求如表 3-4 所示。

表 3-4 PoC 对讲业务需求

性能指标	业务需求
覆盖	广覆盖：室内/室外、城市/郊区
功耗	敏感
时延	会话功能：2s，其他功能对时延不敏感
移动性	具有移动性
语音	需具备语音功能

定位	需具备定位功能，使用 GPS 进行定位
数据速率	几十 kbps

2. 测试内容

目前 PoC 对讲业务主要使用 2G、3G 或 LTE 网络承载，LTE 网络中使用 Cat 4 终端实现，价格较高。面向 2G/3G 减频退网，该业务将逐步由 LTE 网络承载，由于 LTE 网络覆盖、数据速率等能力强于 2G/3G 网络，LTE Cat 1/1bis 终端理论上可承载 2G/3G 下的 PoC 业务，故本次业务验证将针对 Cat 1/1bis 终端在承载 PoC 对讲业务的各项功能进行测试，验证 Cat 1/1bis 与该业务需求的匹配度。

基于 PoC 对讲功能，本次业务测试主要在 FDD-LTE 和 TD-LTE 现网网络环境下，针对定点及移动性场景下的登录鉴权、群组操作、一对一呼叫、群组呼叫、远程升级等实际业务，对基于 Cat 1/1bis 及 Cat 4 的 PoC 业务终端展开对比测试。

3. 测试结果

1) 注册鉴权

注册鉴权功能测试主要通过底层信令记录业务时延及成功率，分别在好、中、差点进行测试。测试结果为 Cat 1/1bis 终端接入时延较 Cat 4 终端高 0.02s 左右，总体时延在 0.1-0.2s 之间，接入时延基本一致，业务成功率为 100%，故 Cat 1/1bis 技术基本可满足该业务需求。

2) Presence 状态

Presence 状态显示功能通过直观感知，记录业务时延及成功率。测试结果为 Cat 1/1bis 终端 Presence 状态显示时延较 Cat 4 终端高 0.2s 左右，总体时延在 1-2s 之间，业务成功率均为 100%，测试结果基本符合预期，Cat 1/1bis 技术可满足该业务需求。

3) 群组管理

群组管理主要针对获取群组列表功能，通过直观感受，记录业务时延及成功率，分别在好、中、差点进行测试。测试结果为 Cat 1/1bis 终端业务时延与 Cat 4 对比终端基本一致，总体在 4-5s 之间，业务成功率均为 100%，Cat 1/1bis 技

术可满足业务需求。

4) 基本会话功能

本次会话功能测试主要针对定点及移动性场景,进行一对一呼叫与群组呼叫测试,通过直观感知记录业务时延及成功率。测试结果为 Cat 1/1bis 终端呼叫时延总体略高于 Cat 4 终端。在好点 Cat 1/1bis 终端时延较 Cat 4 高 0.1-0.3s;在中点, Cat 1/1bis 终端时延较 Cat 4 高 0.1-0.9s;在差点, Cat 1/1bis 终端时延较 Cat 4 高 0.2-1.1s,差距较大,在通话接收前会产生杂音,但不影响会话功能。Cat 1/1bis 终端呼叫时延总体在 2s 以内,业务成功率均为 100%,可满足业务基本需求,时延问题后续有待进一步优化。

5) 终端位置上报

在定点及移动场景下,对 Cat 1/1bis 终端进行位置上报测试,成功率均为 100%,与 Cat 4 终端性能保持一致,可满足业务需求。

6) 功耗测试

本次功耗测试分别对待机功耗与业务功耗进行测试。当终端处于待机状态,Cat 1/1bis 终端功耗为 4mA 左右,Cat 4 终端基本在 6.5mA 左右;当终端处于业务状态,Cat 1/1bis 终端功耗为 130mA 左右,Cat4 终端基本在 200mA 左右,可满足业务功耗需求(由于 Cat 1/1bis 终端与 Cat 4 终端的操作系统存在较大差异,因此功耗差异较大)。

4. 测试小结

经过本次业务测试验证,PoC 对讲 Cat1/1bis 终端测试指标与 Cat4 终端基本一致,符合业务需求,Cat1/1bis 技术可承载 PoC 对讲业务。

3.2.5 车联网前后装业务

1. 业务特性分析

目前大部分车联网后装业务使用 2G 网络承载,考虑到 LTE 网络的良好覆盖及相比 2G 的明显性能优势,所以车联网后装业务向 Cat 1/1bis 迁移具备可行性。T-BOX 作为车联网前装设备,对网络性能要求较高,所以选取 T-BOX 业务作为本

次业务测试验证的车联网前后装业务。

车载 T-BOX 通过无线网络实现平台对车辆的管理、手机 APP 对车辆的控制与车辆信息的显示。作为车载终端，T-BOX 业务具有高速移动性，且广泛分布于城区和郊区，承载网络需满足业务的移动性、广覆盖需求，具体需求如表 3-5 所示。

表 3-5 车联网前装 T-BOX 业务需求

性能指标	业务需求
时延	紧急信息上报时延需小于 1s，其他时延需小于 10s
功耗	车辆处于工作状态时，由电源供电，对功耗不敏感
移动性	可在 120km/h 高速移动场景下，保证业务正常进行
语音功能	需具备语音功能
定位功能	需具备定位功能，使用 GPS/北斗进行定位
数据长度	数据长度不固定，一般在几十 Bytes 到 4M 字节之间（几十字节一般为登录信息上报数据长度，4M 字节一般为远程更新数据长度）

2. 测试内容

根据上述业务需求，Cat 1/1bis 终端能力在理论上可满足该类业务需求，且价格较 Cat 4 终端更低，符合车企对终端低成本的需求，故本次测试采用 Cat 1/1bis 终端面向 T-BOX 业务开展测试，验证 Cat 1/1bis 终端与该业务的匹配度。

基于 T-BOX 功能，本次业务测试主要在 FDD-LTE 和 TD-LTE 现网网络环境下，针对定点及移动场景下的终端注册、终端登录、终端登出、数据采集周期性上报、车辆触发业务、APP 反向控制等业务开展测试。该测试使用 Cat 1/1bis 及 Cat 4 对比终端模拟车联网业务流程，通过底层信令记录业务时延及成功率。选择 100 Bytes-2M Bytes 数据包，针对不同场景，分别进行模拟测试。

3. 测试结果

1) 终端注册/登录/登出

Cat 1/1bis 终端的业务时延与 Cat 4 终端时延基本一致，两种终端业务成功率均为 100%，在该业务流程下，Cat 1/1bis 终端可与 Cat 4 终端达到相近性能。

2) 数据采集周期性上报

Cat 1/1bis 终端的业务时延与 Cat 4 终端相近，在 0.11-0.15s 之间，两种终端业务成功率均为 100%，在该业务流程下，Cat 1/1bis 终端可与 Cat 4 终端达到相近的性能。

3) 车辆触发业务

Cat 1/1bis 终端的业务时延总体略低于 Cat 4 终端，两种终端业务成功率均为 100%，在该业务流程下，Cat 1/1bis 终端可与 Cat 4 终端达到相近的性能。

4) TSP 平台数据下发

TSP 平台数据下发主要针对平台请求数据（如位置上报）与固件远程更新功能进行测试。在位置上报测试中，两种终端业务成功率均为 100%，可满足业务需求。在固件远程更新测试中，Cat 1/1bis 终端时延在 2.4-3.6s 之间，Cat 4 终端时延在 1.7-3s 之间，Cat 1/1bis 终端时延总体略高于 Cat 4 终端，但在时延容忍范围内，两种终端业务成功率均为 100%，在该业务流程下，可满足业务需求。

5) APP 反向控制

在 APP 反向控制功能中，Cat 1/1bis 终端的业务时延总体与 Cat 4 终端时延相近，在 0.13-0.22s 之间，两种终端业务成功率均为 100%，在该业务流程下，可满足业务需求。

6) 移动性性能

移动性测试主要在 30km/h、60km/h、100km/h 的移动速度下，针对各功能的业务时延及成功率测试。

对于数据周期性上报、APP 反向控制等小数据包业务，Cat 1/1bis 终端时延在 0.11s 左右，Cat 4 对比终端时延在 0.14s 左右，两种终端业务成功率均为 100%，在该业务流程中，Cat 1/1bis 技术可满足业务需求。

对于固件远程更新类数据量较大的业务，Cat 1/1bis 终端的业务时延与 Cat 4 终端相近，总体在 2.6-4s 之间，两种终端业务成功率均为 100%，由于该功能对时延不敏感，可满足该业务需求。

4. 测试小结

经过本次业务测试验证，Cat 1/1bis 终端模拟测试指标基本与 Cat 4 终端一致，Cat1/1bis 具备承载 T-BOX 业务流程的能力。

3.2.6 电动车业务

1. 业务特性分析

近年来，电动车数量快速增加，给社会治安、交通管理、治安防范等方面带来一系列问题，如电动车盗窃、车主违反交通规则（车主随意穿行、闯红灯、逆行、上高架桥），给公安治安管理带来了极大的治理难度。电动车追踪器可以获得电动车的定位信息，并通过无线网络上传至平台，形成电动车运动轨迹，帮助公安系统对被盗、违章车辆进行管理及追踪，实现对电动车“可管、可查、可分析”的监管要求。根据电动车追踪业务需求，NB-IoT 从技术能力上可基本满足该类业务需求，且 NB-IoT 模组成本更低，所以本次业务测试优先选择 NB-IoT 承载电动车追踪业务，验证 NB-IoT 技术能力与该类业务的匹配度。

表 3-6 电动车业务需求

性能指标	业务需求
覆盖	广覆盖：城市/郊区
功耗	电动车电源供电，功耗不敏感
时延	<3min
典型业务	在忙时（电动车处于运动状态），采集定位信息为 10s，每 5 分钟上报一包数据；在闲时（电动车处于静止状态），每 3 小时采集一次并上传
移动性	40km/h
语音	无
定位要求	北斗

2. 测试内容

电动车追踪通过 NB-IoT 和北斗实现对二轮电动车、摩托车、三轮车等车辆的防盗追踪定位以及智能纠章等车辆管理功能，实现对电动车“可管、可查、可

分析”的监控要求。基于电动车业务的需求，本次测试主要对轨迹心跳上报等功能进行测试。

在电动车终端骑行过程中，轨迹心跳上报业务每 10 秒采集一次数据，每 5 分钟上报一包数据（约 200 字节）。本测试主要关注多台终端在不同网络环境下的驻网成功率及 RRC 连接成功率。

3. 测试结果

电动车驻网测试使用 40 台终端进行并发测试，在极好点、好点驻网成功率高于 90%，在中差点驻网成功率明显降低（73.6%、15.8%）。

4. 测试小结

电动车追踪业务具有低速移动性、热点区域聚集性特征，对网络容量要求较高。经本次业务测试验证，NB-IoT R14 可在一定程度上支撑电动车的业务需求；对于热点场景（如商场周边非机动车停车场），多台终端业务并发可能会存在容量问题，且在电动车骑行过程中，电动车业务每 5 分钟上报一次轨迹，对网络资源消耗较大，需结合网络部署进一步优化。

3.3 移动物联网业务后续发展建议

1. 经过本次业务测试，验证了 NB-IoT 适合承载低速率、低功耗、广覆盖（区域覆盖）、低速度移动类业务，如水表为低速率、低功耗、广覆盖（区域覆盖）、静止类业务；共享单车为低速率、广覆盖（区域覆盖）且低速移动类业务。

2. 经过本次业务测试，验证了 Cat1/1bis 适合承载低延时、连续覆盖、中速率、语音类、高移动速度类业务，如云喇叭为金融类业务，是低延时、连续覆盖业务；PoC 对讲业务是低延时、连续覆盖、语音类业务；车联网 T-BOX 是低延时、连续覆盖、语音类、高速移动类业务。

4. 总结与展望

综上所述，NB-IoT 与 Cat 1/1bis 作为中低速物联网的典型技术各具特色。

中国移动 NB-IoT 网络自 2017 年 12 月在全国实现规模商用以来，经过 3 年多发展，NB-IoT 产业发展已较为成熟，国内厂家广泛参与，政府也积极推进。NB-IoT 在覆盖增强、低功耗等方面的独特技术优势使其在部分业务领域取得了巨大成功，其中气表、水表两大行业连接数分别突破千万级，烟感、电动车监控等应用连接达数百万。随着 NB-IoT R14 速率增强及功耗优化技术的全网商用，NB-IoT R14 版本单用户速率性能与 2G 相当，重点区域优于 2G。本次面向商用的 NB-IoT R14 技术及业务测试也进一步证明了 NB-IoT 在技术能力上具备了承接部分 2G 业务能力（低速率、低速度移动类业务）。后续网络侧需要进一步加强覆盖，并在网络优化上深耕细作，打造精品网络，同时能够根据客户需求按需建网，建立跨省网络服务机制，保障网络覆盖与质量。

Cat 1/1bis 作为 LTE 的终端类型之一，其能够依托现有成熟的 LTE TDD+FDD 精品网络覆盖体系进行接入，鉴于 Cat 1/1bis 在通信速率、语音以及移动性方面所具备的极大优势，本次面向商用的 Cat 1/1bis 技术及业务测试也进一步证明了 Cat 1/1bis 在承接部分 2G 业务能力上的优势（主要面向中速率、语音类、高速移动类业务）。后续需要终端侧进一步优化成熟、降低成本，缩小与 2G 模组价格差距。

缩略语列表

缩略语	英文全名	中文解释
2G	The 2nd Generation Mobile Communication	第二代移动通信
4G	The 4th Generation Mobile Communication	第四代移动通信
5G	The 5th Generation Mobile Communication	第五代移动通信
APP	Application	应用
Cat 1/1bis	Category 1/1bis	终端等级 1/1bis
CSFB	Circuit Switched Fallback	电路域回落
DRX	Discontinuous Reception	非连续接收
eDRX	Extended Discontinuous Reception	扩展不连续接受
FDD	Frequency Division Duplex	频分双工技术
FOTA	Firmware Over The Air	固件远程升级
GPS	Global Positioning System	全球定位系统
GSM	Global System for Mobile Communications	全球移动通讯系统
LTE	Long Term Evolution	长期演进技术
MAC	Medium Access Control	媒介访问控制层
MCL	Minimum Coupling Loss	最小耦合损耗
MOS	Mean Opinion Score	平均主管评分
NB-IoT	Narrow Band-Internet of Things	窄带物联网
NR	New Radio	新空口
PDCP	Packet Data Convergence Protocol	分组数据汇聚协议
PoC	Push over Celluar	公网对讲
POS	Point of Sales	销售点
PSM	Power Saving Mode	低功耗模式
RAI	Release Assistant Indicator	释放辅助指示
RB	Resource Block	资源块

RedCap	Reduced Capability	轻量能力
RRC	Radio Resource Control	无线资源控制层
SINR	Signal to Interference plus Noise Ratio	信干噪比
T-BOX	Telematics BOX	车载通信终端
TDD	Time Division Duplex	时分双工技术
TSP	Telematics Service Provider	车联网服务提供商
UE	User Equipment	用户终端
VoLTE	Voice over LTE	LTE 语音技术